

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 Wachirah Jaingam

研究内容の要旨

有明海奥部海域西側の諫早湾に負荷された水銀は、同湾の南側に隣接する島原半島にある雲仙の火山活動によって環境中に放出されたものが大部分を占めると考えられる。この水銀の一部が植物プランクトンに吸収され、それが枯死したもの、および動物プランクトンによって捕食されて糞として排出されたものならびに動物プランクトンの死骸には、湾に負荷された水銀が混入していた。これらの物質は粒状有機物 (POM) となって水中に懸濁し、水柱を沈降して、海底にデトリタスとして堆積する。湾奥部の調査地点で海底直上水から捕集された POM の総水銀含量は 27.2 ± 9.7 ng/g d.w (平均値 \pm 標準偏差) に対して、同地点の底質中の総水銀含量はその約 5 倍に達した (133 ± 23 ng/g d.w.)。これらの結果は、重金属類の 1 つである水銀は、バクテリアの作用によって POM 中の有機物が分解されても底質中に残るので、海底が水銀の濃縮器のような作用を果たすことを示している。本研究の結果は、水深の浅い閉鎖性の内湾において、植物プランクトンによる bioconcentration と海底による濃縮の 2 段階の水銀濃縮過程が存在することを示している。

大型底生生物の摂食様式に関する既存の知見ならびに標本の体組織の炭素・窒素安定同位体比の分析より、湾の海底および海岸より採取した 18 種の大型底生生物は 2 つの栄養段階 (第一次消費者および第二次消費者) の生物群に大別された。さらに、第一次消費者は総水銀含量で 2 つの群に大別された。高総水銀含量群は 101 ± 23 ng/g d.w. の総水銀を含み、底質中に生息してデトリタスを含む底質を摂食する堆積物食の二枚貝類 (*Theora lata*, *Raetellops pulchella*) および多毛類 (*Sternaspis costata*)、底質中に埋没して生活する懸濁物食の二枚貝類 (*Ruditapes philippinarum*, *Arcuatula senhousia*, *Tegillarca granosa*) や泥干潟の上にカキ礁を形成するマガキ (*Crassostrea gigas*) が含まれていた。これらの生物は常に底質に堆積した水銀に曝露されて生活していた。低総水銀含量群は 25.2 ± 8.5 ng/g d.w. の総水銀を含み、懸濁物食で底質表面のデトリタスを摂食し、底質表面で生活するヨコエビ類 (*Ampelisca bocki*, *Photis longicaudata*, *Cerapus* sp.) や、岩などの堅い基質に付着する懸濁物食二枚貝 (ムラサキイガイ, *Mytilus galloprovincialis*) で構成されていた。

大型底生生物の第二次消費者も同様に高総水銀含量群と低総水銀含量群に大別された。高総水銀含量群は 215 ± 47 ng/g d.w. の総水銀を含み、第一次消費者の高総水銀含量群に含まれる内在性の二枚貝類や多毛類を好んで餌とする肉食性のカニ類 (*Hemigrapsus* sp., *Charybdis japonica*, *Portunus trituberculatus*) およびヒトデ (*Asterias* sp.) で構成されていた。低水銀含量群は 63.1 ± 39.3 ng/g d.w. の総水銀を含み、エビ類 (*Metapenaeus* cf. *affinis*, *Metapenaeus* cf. *joyneri*) および肉食性

の多毛類 (*Glycera* sp.) から構成されていた。エビ類は表在性の生物で主に底質表面にある生物の死骸を摂食する腐肉食で、肉食性の多毛類は底生中の小さな生物を捕食する。これらの生物が第一次消費者の高総水銀含量群に含まれる二枚貝類を捕食することはありえない。高総水銀含量群と低総水銀含量群間では、約 3.4 倍の総水銀含量の差が見られた。

諫早湾で藍周された魚類およびメガベントスの総水銀含量は、各生物の栄養段階よりも、それらの生物の餌生物の総水銀含量によって大きく変化した。本研究では第三次消費者の 2 種の魚類 (*Leteolabrax japonicus* and *Paralichthys olivaceus*) が採集された、それぞれ 266 ± 99 ng/g d.w. および 249 ng/g d.w. の総水銀を含んでいた。ところが、6 種の魚類 (2 種の第二次消費者 (*Hemistrygon akajei*) の大型個体 (63.6 ± 4.9 cm, $1,847 \pm 145$ g) および *Takifugu rubripes*) ならびに 5 種の第二次および第三次の中間消費者 (*H. akajei*; 超大型個体 (72.0 cm, $5,150$ g), *Acanthopagrus sivicolus*, *Takifugu niphobles*, *Nuchequula nuchalis*, *Planiliza haematocheila*) は、第三次消費者の総水銀含量を上回っていた (328 and $3,700$ ng/g d.w.). 第三次消費者の魚類は第二次消費者の小型魚類および水中のその他の生物を摂食して、水中で生産された餌を利用している。一方、総水銀含量が第三次消費者の魚類を上回る 6 種の魚類は主に第一次消費者および第二次消費者の高総水銀含量群の二枚貝類、多毛類、カニ類などを餌としている。これらの魚類は “benthos-pelagic fishes” と呼ばれ、海底で生産される餌、特に二枚貝類を主要な餌としている。

このような魚類の総水銀含量とそれらの主要な餌との関係は、アカエイ (*H. akajei*) の成長に伴う総水銀含量の変化において特徴的に示される。アカエイの小型個体 (30.6 ± 2.4 cm, 98.2 ± 29.1 g) は 142 ± 76 ng/g d.w. の総水銀を含んでいたが、成長に伴って総水銀含量が大幅に増加した。大型個体 (63.6 ± 4.9 cm, $1,847 \pm 145$ g) および超大型個体 (72.0 cm, $5,150$ g) はそれぞれ 671 ± 340 ng/g d.w. および $3,700$ ng/g d.w. の総水銀を含んでいた。前者は主に第二次消費者の小型甲殻類を摂食しているのに対して、後者は第一次消費者の二枚貝類、特にアサリ (*R. philippinarum*) を好んで摂食し、このアサリは第一次消費者の中で高総水銀含量群に含まれていた。したがって、成長にともなってアカエイの栄養段階は低下するにもかかわらず、総水銀含量は大幅に増加した。超大型個体の総水銀含量は、食物連鎖上で第四次消費者に位置づけられる海産ほ乳類や海鳥に匹敵する値に達していた。

以上のように、本研究は、地形的な閉鎖性の高い浅海内湾である諫早湾において、海底の基質中に堆積し、濃縮された水銀が、海底に棲息する大型底生生物とその大型底生生物を捕食する魚類の benthopelagic 種における生物濃縮を大きく加速させる効果を有しているという現象を見出し、沿岸浅海域における水銀の生物濃縮過程の新たな一面を見出すこととなった。この得られた知見の新規性をもって、学位論文として相応しい研究成果が得られたと評価される。